

聯合戰術無線電機發展與運用之研究

作者：李書全少校

提要

- 一、近年來本軍依作戰型態與環境變化需求，戮力於籌建多項新興武器及兵力聯合兵種營組織調整，已快速轉型為數位化地面部隊，作戰效能大幅提升，指管通聯機制也從以往「傳統語音通信」發展至「網路化數據鏈路」，將指管命令能即時傳遞各指揮層級，且透過指管系統「共同作戰圖像」掌握敵、我軍動態，發揮營級可獨立作戰與整合三軍聯戰能力。
- 二、依國防報告書顯示，強化複雜電磁環境下，網狀化聯戰指管系統極具重要性，隨通訊科技快速發展，使通訊系統廣泛被應用於軍事各領域，惟各類型通訊訂定標準規範繁多，致硬體設備常因無法隨著標準規範更換而升級整合，不僅造成軍事投資浪費，亦無法滿足作戰任務需求。
- 三、藉由本論文分析探討美軍於聯合戰術無線電機發展與運用於各類型部隊任務之地面載具及防空武器之新式通裝、射控系統整合現況，提供未來本軍建置聯合戰術無線電機之參據，以期建構符合作戰部隊需求與現今科技潮流之現代化通資系統。

關鍵詞： 聯合戰術無線電機、網狀化指管。

前言

依108年國防報告書顯示，中共迄今未放棄武力犯臺，攻臺作戰為其主要戰備目標之一¹。近年持續強化對臺具有針對性的武獲、戰備及演訓，其對臺戰力已具備聯合封鎖、聯合火力打擊等能力，尤其於網電訊息作戰方面，組建各型電子干擾陣地與部署各式干擾裝備，同時陸續完備海、空軍主戰裝備電戰能力整備，可運用電子偵察機及反輻射無人機對我C⁴ISR指管監偵、陸基、防空飛彈及射控、預警等雷達等重要設施目標實施干擾或攻擊摧毀。

檢視目前本軍地面部隊平、戰時指管通聯機制，除維持傳統語音無線電通聯外，均須藉由國軍環島骨幹光纖系統及公民營軍租電路傳輸資訊，一旦多處關鍵要點遭敵干擾及攻擊，在備援手段接替前，即時戰情指管命令將無法情傳，且「共同作戰圖像」喪失功能，導致各指揮層級難以指揮有效遂行作戰。

由此可知，強化無線通信系統的發展已成為必要項目之一，由過去單通道波形設計，朝向軟體定義戰術無線電機、IP通信網路及多鏈路運用發展，並於現代化戰場，扮演主戰武器及指揮系統的鏈結橋梁，其裝備良窳將為主宰戰爭勝負的關鍵。

¹中華民國國防報告書編纂委員會，〈中華民國 108 年國防報告書〉，(台北)，2019，國防部，民國 108 年 9 月發行，40-44 頁。

敵情威脅與指管需求

一、敵情威脅

中共攻擊我軍手段，仍以通信指管系統為優先摧毀目標，以阻斷各指揮層級指揮部隊作戰之能力，其運用攻擊手段摘述如下：

- (一)運用導彈、無人機，摧毀雷達、電偵、通信中繼站台、防空及指揮所。
- (二)運用特工/特戰攻擊，破壞「國軍通資平台」骨幹光纖系統。
- (三)運用電戰部隊、遠干機及電磁脈衝武器(EMP)等類型裝備，對我指管鏈路、情監偵、無線電系統執行電戰干擾。
- (四)遂行衛星干擾、偽冒或遮障手段，阻斷我軍衛星通信系統。
- (五)發動網路攻擊，癱瘓指管、通資及公民營通信系統。
- (六)運用石墨彈精準打擊及病毒入侵，癱瘓我軍及公民營電力供應系統。

二、指管需求

現代化戰爭以陸、海、空三軍實施聯合作戰為趨勢，朝「立體化數位戰場」及「網狀化聯合作戰」方向發展，並將太空、空中、地面、海上、水下之通信與指管通資情監偵系統結合，構成立體化C⁴ISR系統，創造即時的感知戰場狀況，而網狀化聯合作戰是一種具備「資訊優勢」的作戰概念，藉由鏈結偵測、指管及武器系統成為網狀脈絡，以達成情資共用，加快指管速度、提高作戰效能等目標²，使戰場更加透明化、火力精準化。

因此，各國發展聯合戰術無線電機系統的革新方向，主軸以「建立地空一體化協同通信能力」、「提升通信系統存活能力」、「強化通信裝備抗干擾能力」及「重視戰場頻譜管理」等四項為趨勢³。

三、小結

未來聯合戰術無線電機系統發展目標，將是朝藉由多個通信節點形成整體通訊網路骨幹，能夠自動重新組織的分散式網路，具備多種不同頻段、跳/展頻能力提高至每秒千跳以上之無線電通信手段，以抵抗頻率與跟蹤干擾能力，並發展「自適應技術」，在運作頻率、傳輸速率、功率和天線收發靈敏度等方面，可以隨著作戰環境改變，具備自我調適特性，使裝備隨時處於最佳狀態，即可維持良好的通信品質。

聯合戰術無線電機簡介

一、技術概念

(一)聯合戰術無線電機，由美國軟體定義無線機創始人Joseph Mitola博士於西元1991年提出的一種單一無線通信機的新概念，具有可程式化模組或重新配置功能的無線電機⁴，並採

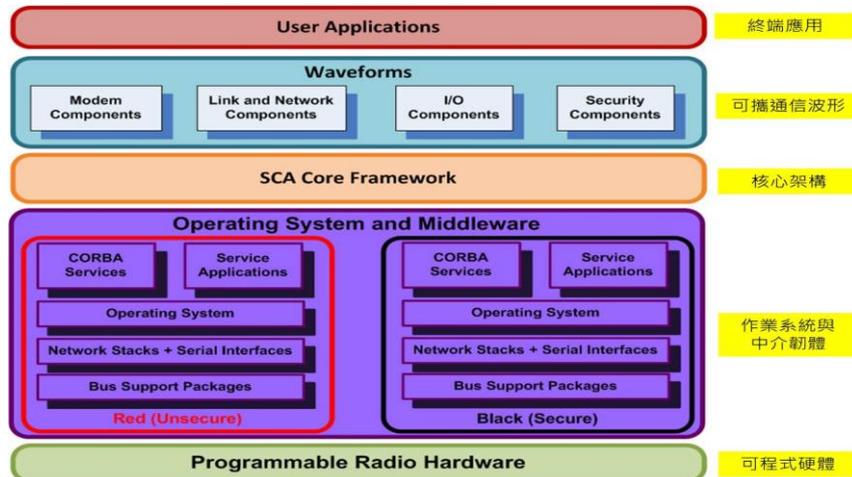
²鄭南宏、焦興也，〈淺談國防通信系統未來發展趨勢-以軟體定義無線電機為例〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第130期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國107年9月發行)。

³同註2，引用第8-9頁

⁴陳文士，〈軟體無線電通訊技術發展與運用簡報〉《2018年新一代通信技術未來發展與運用》，龍潭：國家中山

軟體開放式通信架構(Software Communications Architecture,SCA)⁵及向下相容舊式無線電波形互通性的通信架構圖(如圖1)。

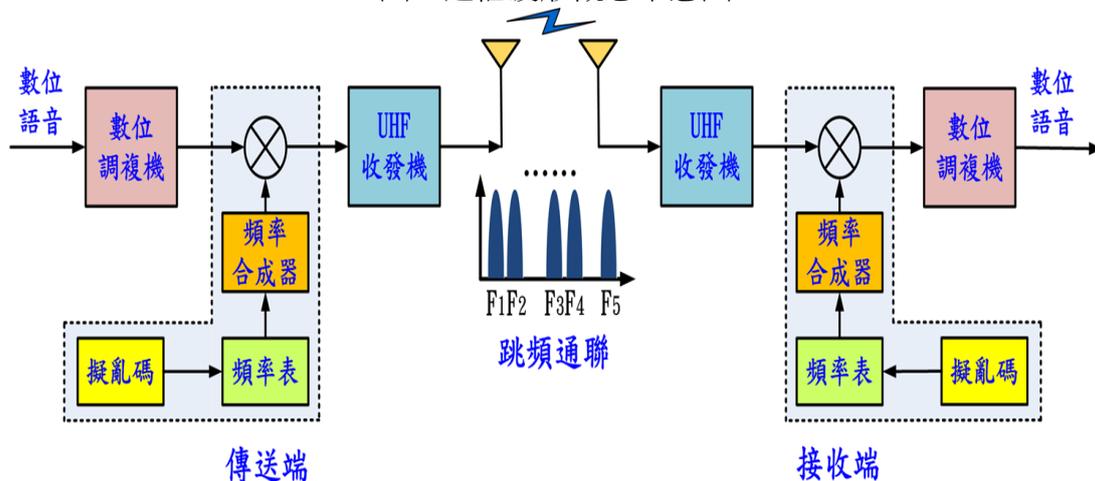
圖1 通信架構示意圖



資料來源：參考「中科院資通所，《戰術軟體無線電機SDR之發展概況與規劃簡報》，龍潭：國家中山科學研究院，民國2018年12月12日），頁21」。

(二)採用開放可程式化硬體平台，可根據不同的需要，藉由軟體載入來達成不同的通信波形(其中包含頻率、調變、編碼和加密)，並控制射頻硬體部份，實現無線電系統的靈活性，因此傳送及接收端之兩者無線電機，須具備相同通信波形、頻率、調變、編碼、跳頻亂碼及加密方能互相通聯(如圖2)。

圖2 通信波形概念示意圖



資料來源：參考「中科院資通所，《戰術軟體無線電機SDR之發展概況與規劃簡報》，龍潭：國家中山科學研究院，民國2018年12月12日），頁5」。

科學研究院，民國 2018 年 12 月 12 日

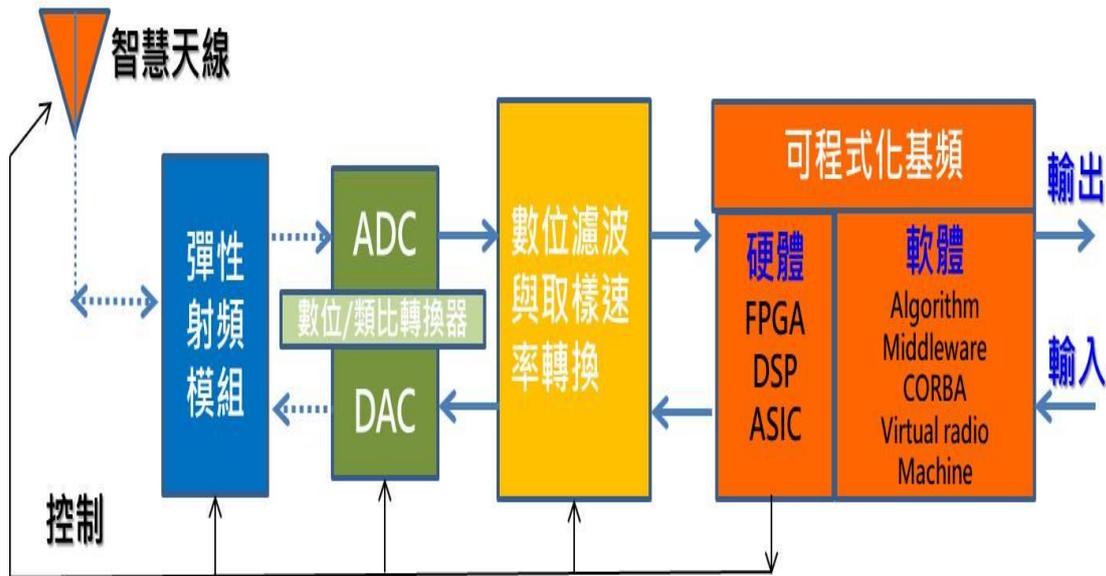
⁵軟體通信架構(Software Communications Architecture)為美國海軍聯合戰術網路中心 Joint Tactical Networking Center (JTNC)所發布的一種開放式架構框架，其主要目標在發展一個商業及軍事應用需求的軟體無線電 (SDR) 通信系統，提升通信系統的互通性，並降低系統開發和部署成本。中科院資通所，《戰術軟體無線電機 Software Defined Radio ,SDR 之發展概況與規劃簡報》，龍潭：國家中山科學研究院，民國 2018 年 12 月 12 日)，頁 21。

(三)軟體無線電機平台組成，主要為區分三個區塊，說明如下：

1. 智慧天線、彈性射頻前端。
2. 高速類比數位轉換、數位濾波與取樣速率轉換。
3. 可程式化基頻模組與軟體。

透過靈活的無線電架構，利用可程式化達到彈性擴充功能，其中包括抗干擾技術、加密、語音編碼、功率控制、多重接取與動態路由(如圖3)。

圖3 軟體無線電機平台組成示意圖



資料來源：參考「中科院資通所，《戰術軟體無線電機SDR之發展概況與規劃簡報》，龍潭：國家中山科學研究院，民國2018年12月12日），頁7」。

二、特性與優點

(一)設計理念以「標準化、模組化結構」及「軟體套件」概念，同「家族」系列互搭性或擴充附加新功能，減少通信裝備構型，運用上可互相整合，提高電磁相容性(EMI)及電磁脈衝干擾(EMP)能力，延續裝備可靠度及生命週期。

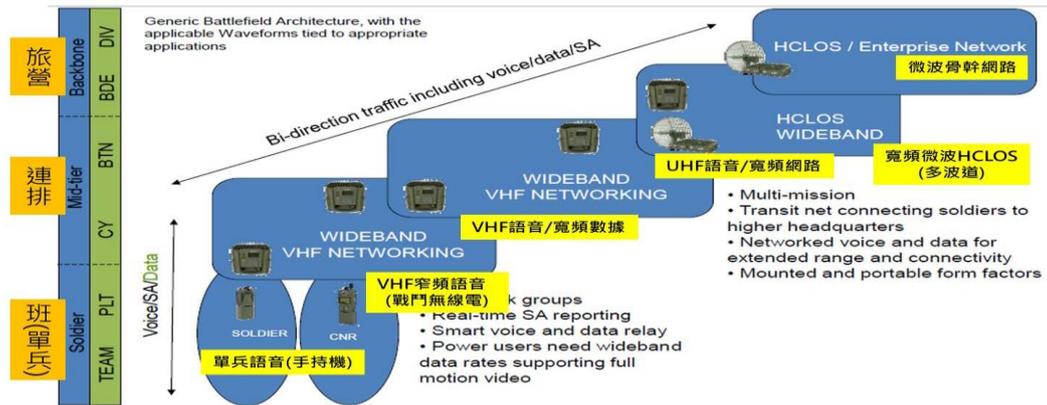
(二)依各種作戰指管層級與任務需求，藉由程式化的軟體，將不同的通信波形(窄頻波形、寬頻波形、衛星波形)、頻率、傳輸調變方式、加密編碼、跳頻等參數，載入戰術無線電機，即可容易建立整體無線電網絡的管理機制(如圖4)。

(三)無線電機操作模式多樣化，區分單工、半雙工、全雙工等3種模式，提供作戰場景最佳的傳輸安全性及穩定的通話品質。

(四)透過微電子化，大幅降低無線電機的功耗、重量與體積，並具有手持/穿戴、背負、車載、機載和艦載等多種型式，提高其機動性，能迅速地部署、撤收，增加對抗硬摧毀的能力。

(五)具備網路位址IP數位化、多頻段及互聯網建置功能，容易發展於高頻寬長距離傳輸、抗干擾、高穿透能力及自適應技術，並整合語音通信、資訊數據、導航和識別等項目。

圖4 以無線電波形運用於不同作戰階層示意圖



資料來源：參考「中科院資通所，〈戰術軟體無線電機SDR之發展概況與規劃簡報〉，龍潭：國家中山科學研究院，民國2018年12月12日，頁8」。

三、發展演進

無線電通訊技術與頻寬需求發展，第一代類比語音(1G)、第二代泛歐系統(2G)，數位語音及簡單文字訊息傳輸(9.6~240Kb/s)、第三代(3G)數位語音通訊及基本數據服務(2~14.4Mb/s)、第四代(4G)強化數位語音通訊及多樣性的軟體，結合網路的服務(50~100Mb/s)，朝第五代(5G或4G LTE)長期演進的低延遲及大頻寬(10Gbps以上)傳輸技術邁進，對比美軍戰術無線電機的發展可得知，由傳統單頻波道的類比語音，至現階段聯合戰術無線電機，具備多頻段及大數據(10Mbps以上)傳輸能力類型，主要頻段為2M至4GHz為主(如圖5)，並且依不同任務需求設計，區分成為4種構型，敘述說明如下：

(一)小型式構型 (Handheld, Manpack & Small Form Fit,HMS)

主要有車載式(Small Form Fit, SFF)、手持式(Handheld, HH)、單兵無線電(Rifleman Radio, RR)及背負式(Manpack)等四型，並可視任務需求彈性調整無線電通道本版，例如嵌入式 SFF-A (1 個通道)、SFF-A (1 個通道) 和嵌入式 SFF-B (2 個通道)，並結合不同無線電機波形，例如：寬帶網絡波形 (Wideband Networking Warform, WNW)、士兵無線電波形 (Soldier Radio Waveform, SRW)、移動用戶目標系統 (Mobile User Objective System, MUOS)，或是傳統無線電波形，例如：高頻 (HF)、增強位置定位和報告系統 (EPLRS)、移動用戶目標系統 (Mobile User Objective System, MUOS) 和單通道地對空無線電系統 (Single Channel Ground and Airbone Radio, SINCGARS) 等，讓彼此達到互相構連。

(二)地面移動無線電構型 (Ground Mobile Radio, GMR)

藉由軟體重新建置互聯網協議規範的新網絡波形與自組網能力，透過路由和轉發功能，將不同頻段的各種波形鏈結在一起，形成一個互聯網絡。並且可以從 1 個通道擴增至 4 個通道，相容多種安全級別，可有效地使用 2MHz 至 2GHz 頻率範圍內的頻譜。

(三)空、海、站台構型 (Airborne Maritime Fixed, AMF)

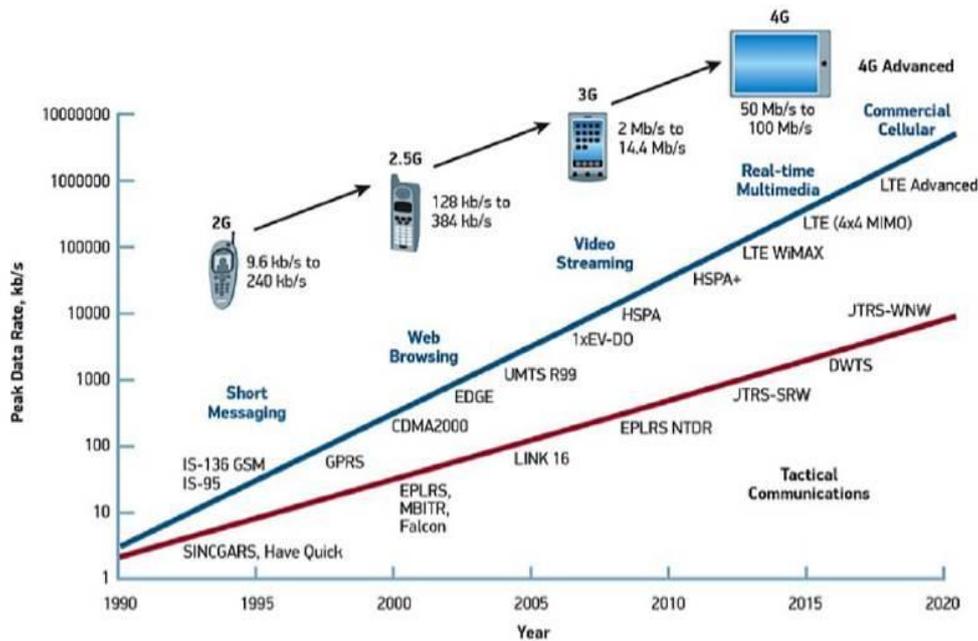
主要有機載式 Small Airborne,SA)、艦載式(Maritime Fixed,MF)及固定站台式等三型，並為 4 個通道全雙工類型，且具有多頻帶、多模式及移動隨意通網絡(Ad Hoc) 的功能，應用

於機載、艦載和固定站台，例如艦載指揮中心，聯合作戰中心等，使海上和空中部隊能夠同時接收與傳送 5 種波形構型裝備，如超高頻衛星通信、移動用戶目標系統、寬帶網絡波形、士兵無線電波形和戰術鏈路 Link-16 等，提供數據，語音和聯網功能，並與地面武裝部隊能夠在所有領域取得訊息。

(四)多功能資訊分發系統構型(Multifunctional Information Distribution System, MIDS)

主要為戰、艦載數據鏈終端無線電型式 MIDS-LVT(MIDS JTRS 為可替代 LVT 無線電終端式)，並為 4 個通道全雙工類型，且具軟體編建組件、嵌入模組化 COMSEC 與 VEM 架構及抗干擾的資訊分發系統，應用於空中、海上及聯合作戰平台，提供戰術空中導航 (TACAN)、戰術鏈路 (Link-16) 和 J 訊息語音 (J-Voice) 連結。

圖5 聯合戰術無線機頻寬發展演進對照表



資料來源：參考「中科院資通所，《戰術軟體無線電機SDR之發展概況與規劃簡報》，龍潭：國家中山科學研究院，民國2018年12月12日），頁7」。

四、小結

綜合上述說明可以得知，美軍發展戰術軟體無線電機，其優點為具有「開放式空信架構、可程式化硬體」、「擴充彈性、多傳輸調變模式」、「多頻段、互聯網」等項目，與異質系統整合運用上更具靈活性。並顯示出美軍為朝向網狀化聯合作戰，統合運用地面部隊、空中、船艦之兵、火力遂行作戰，於通資系統需求方面，分別發展出單兵、車載地對空及地對地之通資指管系統，並朝向戰術網路模式整合，其關鍵因素在於逐步由單通道地對空無線電系統(SINCGARS)、增強位置定位和報告系統(EPLRS NTDR)及戰術數據鏈路(LINK-16)，發展至聯合戰術無線電機(JTRS)，建立聯合互通性與跨聯盟網路整合，扮演鏈結戰術無線網絡內各層級訊息的角色。

美軍發展規劃運用

一、通訊系統類型

美軍通訊設備發展上，於1850年與通用動力公司研發合作，成功發展出專屬軍方移動設備系統(Mobile Subscriber Equipment, MSE)，使軍事通訊系統覆蓋的範圍更廣，具備更好的糾錯和移動自動組建網互聯的功能，並於此基礎架構上，強化指揮、控制和戰術通信，朝發展戰略通訊系統和戰術通訊系統兩項主軸，增強戰場上的通訊能力。

(一)「戰略通訊系統」主要由國防通訊系統、通訊衛星系統和普通應急通信網組成。系統的主要作用是總統和國防部長、參聯會、各軍種部、九大聯合司令部、情報機關、核戰略部隊、各大軍事基地和各戰區部隊之間通信聯絡的暢通，確保最高指揮當局對全球美軍的部署和控制，1-3分鐘之內就可以從總統下達的命令到達一線作戰部隊。

(二)「戰術通訊系統」為軍團以下的各級通信系統，主要作用是為作戰部隊遂行戰鬥任務所必須的通信聯絡。系統由基本通信工具、平台(載具)通信系統和野戰地域通信網構成，其中基本通信工具主要有無線電台、通信衛星及電話網等基礎設施，平台通信系統主要指飛機、坦克、艦船、潛艇等作戰平台，以及指揮所的通信設施，野戰地域通信網則是指在一定的作戰地域內，開設多個骨幹節點或通信中心，透過電纜、光纜、微波中繼線路、衛星通信線路和機載中繼線路及數據鏈路等方式相互構連，形成可移動的骨幹線路，而各級指揮所、各種作戰平台及其它移動用戶，都必須通過其入口節點入網，才能傳輸或接收語音、視訊和數據等戰場戰情資⁶。

二、發展運用方式

為推動「網狀化作戰」，於1997年已發展出「聯合戰術無線電系統(Joint Tactical Radio System, JTRS)」概念⁷，其目的是將全軍及北約盟軍作戰管理階層、情報中心、防空和火力支援及海、空軍節點等數據鏈路透過「多功能信息分發系統(Multifunctional Information Distribution System, MIDS)整合在一起，並朝以多模式、多頻段及多波形等軟體定義的無線電系統取代傳統無線電系統，整體上亦從傳統「武器平臺中心戰」向「網狀化中心戰」的演變作戰概念⁸(如圖6)，並就以下幾個方面敘述說明：

⁶每日頭條新聞，〈美國軍方無線電機發展歷史〉《每日頭條新聞電子報》，<https://kknews.cc/military/vzyxk6a.html>，2018年9月20日(檢索日期2020年12月25日)。

⁷「聯合戰術無線電機系統」是使用軟體無線電的手段運用於現存的軍隊及民用無線電機系統，其中包括集中加密和寬頻網路軟體建構機動無線電機系統(Mobile and hoc networks, MANETS)。維基百科全書，<https://zh.wikipedia.org/wiki>，2016年3月(檢索日期2020年12月25日)。

⁸美軍現役數據鏈系統主要有通用數據鏈種類 Link4、Link11、Link16 和 Link22，第一代終端設備為聯合戰術信息分發系統(JTIDS)，第二代終端設備多功能信息分發系統(MIDS)。引用資料同註4。

圖6 美軍JTRS聯合作戰運用概念示意圖



資料來源：參考「中科院資通所，《戰術軟體無線電機SDR之發展概況與規劃簡報》，龍潭：國家中山科學研究院，民國2018年12月12日，頁16」。

(一)單兵「地對空通資系統」方面

新型背負式聯合戰術無線電機 AN/PRC-155 型是美陸軍第一部雙頻道無線電機，可連接到衛星網路(MUOS)，為第一線部隊單兵提供語音通信；另同時可支援多種波形，例如單兵無線電波形(SRW)、寬頻網路波形(WNW)與單通道地對空無線電系統(SINCGARS)互相通連。

(二)車載「地對空通資系統」方面

於 1992 年的沙漠風暴(Desert Storm)、2001 年在阿富汗的持久自由行動(Operation Enduring Freedom)，以及於 2003 年自由伊拉克作戰(Operation Iraqi Freedom)，美陸軍為克服第一線部隊無法與網路連線，使用銜衛星系統，結合移動式用戶(Mobile Subscriber Equipment, MSE)設備及戰術無線電系統，建立聯合網路節點網(Joint Network Node - Network, JNN-N)，透過數位加密的區域性戰鬥無線電網，解決此問題⁹。

(三)「地對空、地對艦、地對空通資系統」整合方面

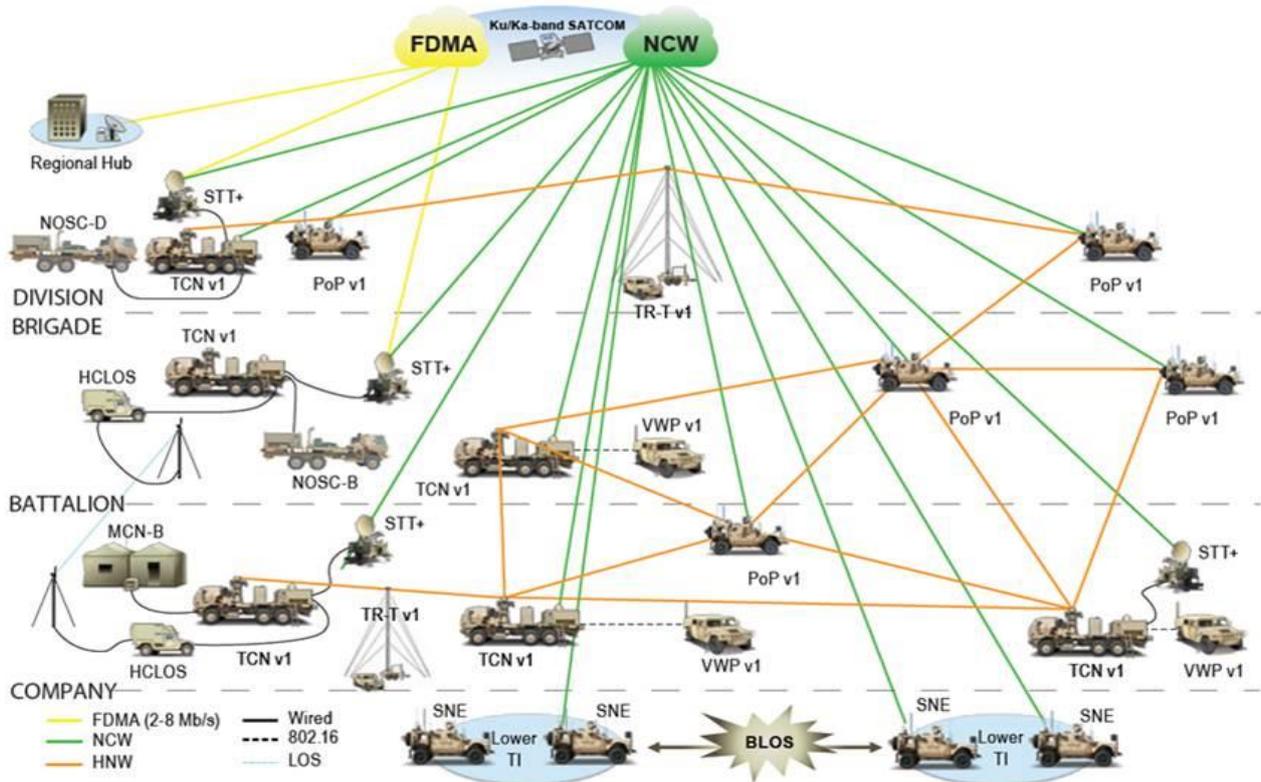
於 2004 年美國聯合部隊司令部成立「聯合系統整合指揮部」(Joint Systems Integration Command, JSIC)，發展出「旅暨旅級以下作戰指揮系統(Force XXI Battle Command Brigade and Below, FBCB2)及第一代藍軍追蹤系統(BFT-1)，該系統包含防禦資訊、全球指管

⁹王清安、黃基楨，〈以美軍地空作戰通資系統探討本軍地空作戰通資系統之發展〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第 128 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 106 年 9 月發行，第 65-67 頁。

及戰鬥支援等子系統架構，由移動式用戶設備，朝向作戰人員戰術資訊網路(Warfighter Information Network-Tactical, WIN-T)及戰術無線電系統發展¹⁰，建立聯合網路節點網路(JNN-N)通信骨幹，使陸、海、空作戰部隊能透過數據鏈路分享戰場情資。

迄 2019 年止，美軍已將原指管系統提升為聯合戰場指揮平台(Joint Battle Command Platform, JBCP)¹¹及第二代藍軍追蹤系統(BFT-2)，並結合聯合戰術無線電系統(JTRS)、作戰智慧型手機(Combat Smart Phone, CSP)與作戰人員戰術資訊網路(Win-T)第 4 階段系統之戰術通信節點(Tactical Communications Nodes)，可由旅級通信延展至位於介接點(Point of Presence, Pop)的整合通信車上，再延伸至第一線作戰士兵(如圖 7)，顯示美陸軍已完成「地面作戰網路」網狀化的部署，其機動戰鬥部隊與戰鬥支援部隊達成資訊共享¹²。

圖7 WIN-T系統架構示意圖



資料來源：General Dynamics, Warfighter Information Network-Tactical Commander's Handbook, Version 2.0, GDMS July 2016, P.31.。

¹⁰ 作戰人員戰術資訊網路 WIN-T 發展，區分第 1 階段為網路通聯能力延伸營、連級及士兵、第 2 階段為將旅級通信延展至位於戰術通信節點(介接點)、第 3 階段為全面性的機動、彈性及動態戰術網路能力，支援於分散於各地區的部隊、第 4 階段為強化衛星通信對抗電子戰干擾能力。GENERAL DYNAMICS 〈Mission systems〉，《WIN-T 系統》<https://www.gdmissionsystems.com/win-t.htm>，(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。

¹¹ 2018 年發展「聯合戰場指揮平台(Joint Battle Command Platform, JBCP)為「美軍旅及旅級以下作戰指揮系統」(Force XXI Battle Command Brigade and Below, FBCB2)第二代指管系統，與第二代藍軍追蹤系統(BFT)，鏈結衛星網路，傳輸速度提升 10 倍，並於原 FBCB2 系統上安裝升級。泰克-桌面戰爭專欄，〈使指揮作戰像使用通訊軟體一樣簡單〉，《美軍 FBCB2 系統》<https://zhihu.com/column>，2017 年 4 月 17 日(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。

¹² 王廣義，〈通資系統天線未來發展研究-以美軍戰術型戰士資訊網路為例〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第 131 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 108 年 7 月發行，第 113-114 頁。

三、未來發展目標

於2020年12月美陸軍更是宣布即將針對4款(如表1)採用最先進技術的多頻段波道網路無線電展開「手持、背負、車裝與小巧合身無線電(HMS)」項目「初始作戰測試與評估(IOT & E)」，其屬於「戰術指揮、控制、通信等項目」計畫辦公室(PEO C3T)旗下「戰術無線電計畫」(TR)項目的一部分，驗證是否能滿足區域性小部隊作戰需求、符合未來戰場標準，若經第三方公正單位判定通過測評後，並決選性能最佳者，方能進行全軍換裝計畫，此種方式和傳統採購方式設定專屬軍用規格不同，現在改由軍方制定通用標準(通常是已成熟的商用規格)後開放美國國內工業供應商¹³競爭，此「開放式架構」方針讓軍方可以根據不同軍種需求，能「隨插即用」獲得最新技術，並避免日後通信裝備升級時，須面臨原基礎結構大改造才能整合。

表1 手持、背負、車裝無線電(HMS)比較表

功能名稱	AN / PRC-148	AN / PRC-158	AN / PRC-162	AN / PRC-163
照片				
				
頻率範圍	30-512、136-174、90-512 MHz	30-225、225-520、762-2500MHz	30-88、225-450、1250-1450、1755-1850 MHz	30-88、118-174、225-512、1300-2600 MHz
波道間隔	5、12.5、25KHz	窄帶: 8.33、12.5、25、50 kHz 寬帶: 1.2、5、10、20MHz	窄帶: 8.33、12.5、25、50 kHz 寬帶: 1.2、5、10、20MHz	接收/發射1: 5 kHz-10 MHz 接收/發射2: 5 kHz-40 MHz
波道數	256個	99個	999個	99個

¹³無線電/應用程式供應商 Aselsan A.S.、Bharat Electronics、General Dynamics C4 Systems、Harris、Hitachi、Kokusai Electric、Indra、ITT Exelis、NEC、RadmorSA、Rafael、Raytheon、Rockwell Collins Aerospace、Rohde & Schwarz、Selex ES、Thales 計 16 家。維基百科全書，<https://zh.wikipedia.org/wiki>，2016 年 3 月(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。

重量	約1公斤(含電池)	約5.7公斤(含電池)	約6公斤(含電池)	約1公斤(含電池)
防鹽水	-20公尺	-2公尺	-2公尺	-20公尺
功率	手持 0.1-5.0 W 車裝 20-50W	10-20W	20-50W	5-10W、L/S BAMD-3.2W
跳頻加密	跳頻加密	跳頻加密	跳頻加密	跳頻加密
波形	符合軟體無線電窄頻、寬頻、衛星通信及語音與數據模式、傳輸模式協定			
通信認證	國家安全局 (NSA) 通過Type-3標準			
使用對象	戰場指揮官	一般部隊	一般部隊	戰場指揮官
安裝方式	手持、車裝	背負、車裝	背負、車裝	手持
擴充性	安裝基座可當中繼台使用、具有GPS功能	遙控模式、USB接口、GPS 功能	遙控模式、USB、GPS、乙太網路、RS232 / RS-422 功能	USB 2.0、IP over USB、乙太網路、GPS 功能、結合作戰型智慧型手機 (CSP)
美國工業合作廠商	泰利斯通	L3哈里斯	柯林斯航天	L3哈里斯

資料來源：參考L3 HARRIS, “FALCON IV AN/PRC-158、AN/PRC-162”, JTRS, HARRIS, 2019、THLES, “AN/PRC-148”, JTRS, THLES, 2020、Collins Aerospace, “AN/PRC-163”, JTRS, Collins Aerospace 2020, 彙編整理

其二是為了縮短建立通資系統基礎設施時間，例如：美軍於中東地區大型作戰基地內，為維持通資骨幹電路正常運作，就必需要有足夠的時間建立及強化基礎設施防護，避免受到敵方使用攻擊性電子戰技術攻擊通資網絡、尖端干擾裝置阻斷訊息傳輸，或精準飛彈攻擊設施。

主要延續於2018年當時計畫將背負式 (Manpack) 無線電規格，從「士兵無線電波形 (SRW)」，轉而研發的新一代時長調整 (Time scale Modified, TSM) 波形網路，其中TSM波形技術在處理「敏感但未分類的語音與數據」具有戰術優勢、並將無線電機簡化操作難度、更大拓展空間、加強作業互通，以及網路可靠性佳，「安全但非保密能力」等優勢。而「戰鬥能力

發展指揮部 (CCDC)」轄下的「指揮、管制、電腦、通信與資訊系統 (C⁴ISR)」中心，更以 TSM 波形技術為基礎，與現役的「單波道地對空無線電通訊系統 (SINGARS)」及新、舊式戰術衛星通訊系統 (TSAT) 進行相容性與作業互通能力評估¹⁴，進一步開發「戰士增強型健全網路」(WREN TSM)，並同時結合作戰型智慧型手機¹⁵ Wi-Fi 或戰術平板電腦，建立網狀化綜合戰術網路 (Integrated Tactical Network, INT) 的運用。

為確保戰場資電優勢，美軍除聯合戰術無線電機、轉型衛星通信系統及作戰人員戰術資訊網路 (WIN-T) 轉型等主軸目標精進外，並同時於「全球資訊柵格頻寬擴展」(GIG) 發展¹⁶，整合現有各種通信衛星、飛機通信、數據傳輸鏈路、微波中繼站、地面光纜、無線電台、作戰地域網路等通信基礎設施訊息資源，建立起一個提供陸、海、空三軍及公共部門 (警、消、海巡單位) 通用的全球通信網路，把散布在全球範圍內的傳感器網、計算機網和武器平台網聯為一體，形成一個全時、全維、全頻譜和全球性作戰的立體網際網路，達到傳輸資訊的無縫連結和共享，持續發展朝「指揮、管制、電腦、通信、資訊及戰鬥系統 (C⁴ISR)」，滿足未來「多領域作戰」的兵種協同需求¹⁷。

四、小結

上述分析得知，美軍聯合戰場指揮平台結合戰術無線電機運作，從通資系統鏈結到各武器載台與單兵，著重高頻寬、輕量化及機動性，惟仍需要大量依賴衛星定位 (GPS) 才能保持訊息同步，如果沒有衛星定位，作戰部隊就會立刻失去各層級分隊作戰態勢的感知的問題，因此，未來發展仍須著重於「多頻段波道網路無線電跳頻及干擾技術兩者互通相容性」、「戰術數據鏈路與全球網際網路整合彼此之間資安管控及防護」、「多頻譜管理」等多面向問題。

國軍未來發展與建議

一、現況問題

(一) 通信規範未建立完善體制

國軍歷久以來採購各型戰機、船艦、戰甲車及防空武器系統，軍售以美國為主，其次則為法國、荷蘭等少數國家、最後由國家中科院自行研發及國內工業合作 (代理) 廠商，因此隨著主要武器載台籌購的不同時期，引進各式通信裝備 (如表 2)，然上述通信裝備分別由不同製造商研製，在相關波型信號、調變、擴展頻及保密方式等技術均相異，僅能在相同工作頻段下，採定頻、無加密方式實施通資系統整合，易受電戰高功率覆蓋干擾，或是僅是區域性小部隊，能在相同裝備下前提下，則可達到採跳頻、加密方式通聯及數據資傳。

¹⁴郭正原，〈美陸軍將測評 4 款多波道網路無線電〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news>，2020 年 12 月 20 日 (檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。

¹⁵今天頭條，〈美軍採用新型軍用戰術智慧型手機，將改變軍隊作戰形態〉，《今日頭條電子報》，<https://twgreatdaily.com/htwdgHQBURTf-Dn51YUK.html>，2020 年 9 月 12 日 (檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。

¹⁶同註 4，引用。

¹⁷謝志淵，〈從美軍多領域作戰之「以陸制海」探討國軍制海作戰新思維〉《海軍學術雙月刊第五十三卷第一期》(台北)，第五十三卷第一期，海軍司令部，民國 108 年 2 月發行，第 9-12 頁。

表2 國軍各式主要通信裝備概述一覽表

部隊類型		各式無線電機類別
陸軍(含航空旅)地面部隊	班、排級	1.HR-93(VHF)定頻、無保密 2.H-105(VHF)定頻、無保密
	營、連級	1.GRC-406(UHF)定頻、無保密 2.37 系列(VHF)跳頻、保密 3.地面工作站(MGS)航空旅 (1)TALON-8103 (U/V)跳頻、保密 (2)AN/VRC-92E(VHF)跳頻、保密 (3) AN/VRC-100 (HF)跳頻、保密 (4)RF-7800 (U/V)跳頻、保密
陸軍(含航空旅)地面部隊	旅級	1.37 系列(VHF)跳頻、保密 2.PRC-174 系列(HF)定頻、無保密 3.地面工作站(MGS)航空旅
	作戰區(含以上)	1.37 系列(VHF)跳頻、保密 2.PRC-174 系列(HF)定頻、無保密 3.迅安系統 LINK-16、LINK-11 跳頻、保密
陸航	現役各式直升機	1.TALON-8103(U/V)跳頻、保密 2.AN/VRC-201(VHF)跳頻、保密 3. AN/VRC-220 (HF)跳頻、保密 4.AN/ARC-164(UHF)定頻、無保密 5.AN/ARC-186(VHF)定頻、無保密
海軍	地面部隊、岸上	1.HR-93(VHF)定頻、無保密 2.37 系列(VHF)跳頻、保密 3.TETRA 系列(VHF)定頻、保密
	主要船艦	1.PRC-174 系列(HF)定頻、無保密 2.迅安系統 LINK-11(HF) 跳頻、保密
空軍	地面部隊	1. HR-93(VHF)定頻、保密 2.37 系列(VHF)跳頻、保密 3. GRC-406(UHF)定頻、無保密
	主要戰鬥機	1.TALON-8103(U/V) 跳頻、保密 2.迅安系統.LINK-16(UHF) 跳頻、保密
憲兵	地面部隊	1.TETRA 系列(VHF)定頻、保密 2.37 系列(VHF)跳頻、保密
附記	上述「地對空、地對艦、地對空」各式主要通信裝備分別由不同製造商研製，在相關波型、信號調變、擴展頻及保密方式等技術均相異，無法有效整合。	

資料來源：作者修正彙編。

(二)各頻段頻率組數及頻寬分配不足

1. 迅安系統為國軍「聯合作戰指管系統」，透過多功能資訊分發系統構型(MIDS)終端無線電機以 LINK-16(UHF 頻段)及 LINK-11(HF 頻段)數據鏈路，整合國軍現有主要情蒐系統、重要武器載台、地空通資網路，及海、空情資共享等項目，惟僅建置作戰區層級，而本軍旅級(含以下)地面部隊目前無專屬的 C⁴ISR 指管系統，處於發展階段，並規劃運用專屬軍公民營 4G 基地台專網及機動寬頻無線電相互整合，將作戰共同圖像情資分享至地面各型機動載台或單兵機動部隊動態管制系統 (BFT)，惟受限國軍可用頻率多為不連續性，多數資源為民間電信業者使用影響，作戰時高頻寬傳輸流量需求、通信中繼點位置及保密機制等 3 項，將為數據鏈路穩定度的關鍵因素。

2. 作戰區至旅、營級配賦戰術區域通信及機動數位微波通信系統，採點對多點機動佈署，惟仍需將傳輸資訊鏈結進入環島光纖骨幹固定站台，且採樹狀化構連模式，隨著異質系統整合需求逐漸增加，將無法滿足作戰時大量資訊交換頻寬(屬超高頻 UHF 頻段)需求。

3. 衛星系統為通信備援機制，僅中新二號衛星可提供通連，雖具跳頻與抗干擾能力，但仍極易遭敵軍優先實施干擾目標，並受限於陸、海、空軍共用資源，地面部隊通資系統資訊鏈路傳輸頻寬(屬極高頻 SHF、至高頻 FHF 頻段)需求擴充彈性較小。

4. 近期地面部隊已籌建 CM-32、CM33 裝步戰鬥車、雷霆 2000 多管火箭車、AH-64E 攻擊直升機、UH-60M 運輸直升機、復仇車防空飛彈車、蜂眼目獲雷達等各式裝備，未來將籌獲 M1A2T 新式戰車、M109A6 自走砲車、新型野戰防空系統(陸基劍二)、海馬士多管火箭系統、新型偵蒐戰鬥車、機動目獲雷達及戰術偵蒐無人機等新興兵力建置，隨裝配賦通信裝備所需頻率及頻寬需求漸增。

(三)通信中繼能量不足

受限於衛星通信、無人飛行載具能量不足及本島高山、城鎮等電磁複雜環境因素，通信中繼節點均採固定佈署，無動中通能力，另中繼無線電機裝備需人工設定轉發，無具野戰行動隨意網路(Mobile Ad Hoc Network, MANET)¹⁸，每個通信節點隨意改變連結，主動去尋找和維護其所繞送的資料，克服地形限制及延展通信距離，確保通信鏈路暢通，而容易造成通信盲區及遭受標的攻擊。

(四)新式通裝未採標準化、模組化設計概念

1. 目前各式新、舊手持、背負、車載、機載和艦載等多種類型無線電機，除相關技術特性無法相容外，絕大多數屬龐大的體積及重量，致影響其機動性，攸關能否迅速地部署、撤收的關鍵因素，因此於新式通裝籌補規劃，未採以「標準化、模組化結構」及「軟體套件」設計概念，以同「家族」系列互搭性或擴充附加新功能，多樣化通裝構型，將大幅降低運用

¹⁸胡凱智，〈無線隨意網路彈性高效 Ad Hoc 獨特路由運作談討〉，《網管人》，<https://www.netamin.com.tw/netadmin/zh-tw/technology>，2018年5月8日(檢索日期2020年12月25日)。

整合的彈性、電磁相容性(EMI)及電磁脈衝干擾(EMP)能力、減少延續裝備可靠度及增加生命週期維護費用。

2.例如:陸航地面部隊已建置航空任務規劃系統(AMPS)及地面工作站(MGS),並透過 VRC-92E (VHF)無線電與 AH-64E 直升機 AN/ARC 201E 空用無線電,建立初步規模數據鏈路,提供指揮所與任務機隊進行語音、資訊訊息傳輸,並鏈結進入迅安系統整合,惟該型裝備配賦無線電體積大,並需要市電供應所需電力;其天線開設位置需選定位於開闊平坦地形,並且不可距離無線電機過遠,因此通資指管遂行,容易受開設地形限制。

(五)砲兵火力支援通信指管效果不足

1.砲兵射擊指揮自動化系統整體規劃,區分目標獲得、指官管制、火力支援等三個層級,彼此間通信指管及協調方式,主要藉由戰、技術指揮儀、氣象探測儀(RT-20)、雷霆 2000 指揮車及目獲雷達情資等裝備,結合戰術區域通信系統與 37 系列特高頻(VHF)無線電機整合介接語音、資訊化鏈路,達成火力支援(含野戰防空)作戰任務,惟該型無線電受限資傳性能不足及保密機制的演算,致與上述砲兵射擊指揮自動化系統相關裝備整合後,延遲射擊指管訊息的傳遞速度及穩定度,影響作戰效益。

2.自 109 年起本軍聯兵旅單位陸續編成 23 個聯合兵種營,每個聯合兵種營除原編制連外,並編制戰鬥支援連及增編火力連,於營部增設 4 位聯絡官,分別為海、空、防空、陸航聯絡官,以達成營級聯合獨立作戰能力,大幅凸顯火力協調支援指管暢通的重要性。

3.陸、海通聯方面,由本軍地面部隊配屬艦管組至聯兵旅、營級實施陸海通聯,僅運用 PRC-174 系列高頻、37 系列特高頻等無線電機,結合海軍迅指系統構成高頻聯戰網,形成陸、海橫向通聯機制,其為指揮線、緊急申請線、預定申請線及協調派遣線等 4 種模式,提供火力支援組、火力支援協調官、海軍艦砲管制官與海軍連絡官等層級互相管制與協調作為。

二、未來發展方向

為達成「濱海決勝、灘岸殲敵」整體防衛構想目標,考量在喪失海、空優勢及聯合情資下,各作戰區仍須具備獨立局部 C⁴ISR 通信指管能量,掌握敵我動態,透過戰術鏈路整合,縮短指管命令傳遞時間及聯合情監偵能力,重點於作戰共同圖像情資分享,增加提高戰場透明度,提供各層級同步掌握戰場動態,有效遂行戰場管理,發揮聯合作戰任務遂行。

(一)自主發展聯合戰術無線電機核心技術

依中山科學研究院學者鄭南宏及焦興也博士曾於探討淺談國防通信系統探討發展趨勢指出,鑒於現階段國軍各式無線電機相關波型、頻段、信號調變、擴展頻及保密方式等技術均相異,系統整合極為困難,顯示出自主發展聯合戰術無線電機關鍵核心技術的重要性,並區分高速跳/展頻技術、多頻段通用平台、通信鏈路處理、多工存取技術等 4 項¹⁹簡述說明:

1.高速跳/展頻技術

抗電磁干擾技術,確保複雜電子惡劣作戰環境通連,以及對抗敵軍電子戰攻擊,例

¹⁹同註 2,引用第 7-8 頁

如；展頻技術及高速跳頻技術(適應性跳頻)，使己方信號不被對方偵蒐發現，降低被截獲概率，從時間、空間或頻率上避開對方的干擾(如表 3)。

表3 跳頻與適應性跳頻在複雜戰場電磁環境之適用性比較

效能類別	換頻率時間	抗干擾效能/點對點通信
跳頻	1 毫秒(ms) 1000 跳/秒	適中至佳/ 隨時變換通信頻率(每 1 毫秒變換一次新頻率，每秒變換 1000 次)。變換通信頻率時，以先進複雜之跳頻機制，一直保持通訊正常。
適應性跳頻	1 毫秒(ms) 1000 跳/秒	最佳/ 隨時變換通信頻率(每秒 1000 次)，並能同時感知各干擾頻率，具 AI 智慧功能，當變換通信頻率時，不會誤入各干擾頻段，達成最佳通訊效能。
附記	抗干擾效能，適應性跳頻 > 跳頻	

資料來源:作者自行整理

2.多頻段通用平台

考量操作簡便與整合互通性，於區域性作戰部隊以 HF/VHF/UHF 三種跨頻段戰術無線電延伸，整合通信網絡則以 UHF/SHF/EHF 頻段戰術微波通信機為主，運用高效能的變方式，增加載波資料傳輸量及效益。因此，在共通標準擴充和模組化的軟體通信架構 (SCA)，朝整合成多頻段通用平台發展，在某一頻段遭受電磁干擾時，可變換至其他頻段繼續通信，或可作為不同頻段通信的中繼站台，達到一種機型多功能的用途。

3.通信鏈路處理

配合戰場機動、彈性、靈活運用需求，野戰行動隨意網路(MANET)是利用行動裝置透過無線的方式連接、各自演進、各自協同合作所組成的無線網路，應用於通信中繼的合作機制，克服地形限制及延展通信距離，確保通信鏈路暢通的技術，這是一種無集中式管理所形成的無線區域通信網路，使用者能隨時隨地加入無線通信網路，最大特色就是而每個通信節點都具有隨意改變連結的功能，能夠主動去尋找和維護其所繞送的資料，每個移動的節點，不會依賴於任何一個路由器，會一直不斷地改變整個網路的拓樸。

4.多工存取技術

主要作為控制頻寬資源之用，讓多個行動通訊器的使用者能隨機調配共享有限的無線電頻寬，區分分頻多工存取(FDMA)、分碼多工存取(CDMA)、分時多工存取(TDMA)、機會驅動多工存取(ODMA)等四種技術，其中建議運用分時多工存取技術，具傳輸資料流量大、抗雜訊干擾強、保密性佳及頻率利用率高等特性，解決無線電機在行動隨意網路多跳頻中繼間，可以保持訊息同步和資源有效分配效能；目前機動數位微波通信機已應用此技術驗證。

(二)通資系統規劃建置策略

鑑於戰時環島光纖系統、公民營通信系統預判均遭損毀及衛星備援遭受干擾情況為前提下，除積極發展地面部隊旅級以下專屬 C⁴ISR 指管系統外，應建置具獨立性與機動性之寬頻數據傳輸系統，並將由原現行樹狀化固定中繼節點，規劃為網狀化自動成網機動中繼節點，建立野戰骨幹鏈路，另於戰術無線電規劃需求，應具備網路位址 IP 數位化、多頻段及互聯網建置功能，容易發展於高頻寬長距離傳輸、抗干擾、高穿透能力及自適應技術特性，達到靈活、體積小、重量輕、故障率低、整合及擴充能力。

通信裝備構型應區分戰術微波通信傳輸系統(野戰骨幹鏈路)、HF/VHF/UHF 三頻段語音指管系統(語音鏈路)、寬頻動中通無線電資傳系統(數據鏈路)等 3 種型式規劃發展，裝備特性及通信架構圖(如表 4 及圖 8)：

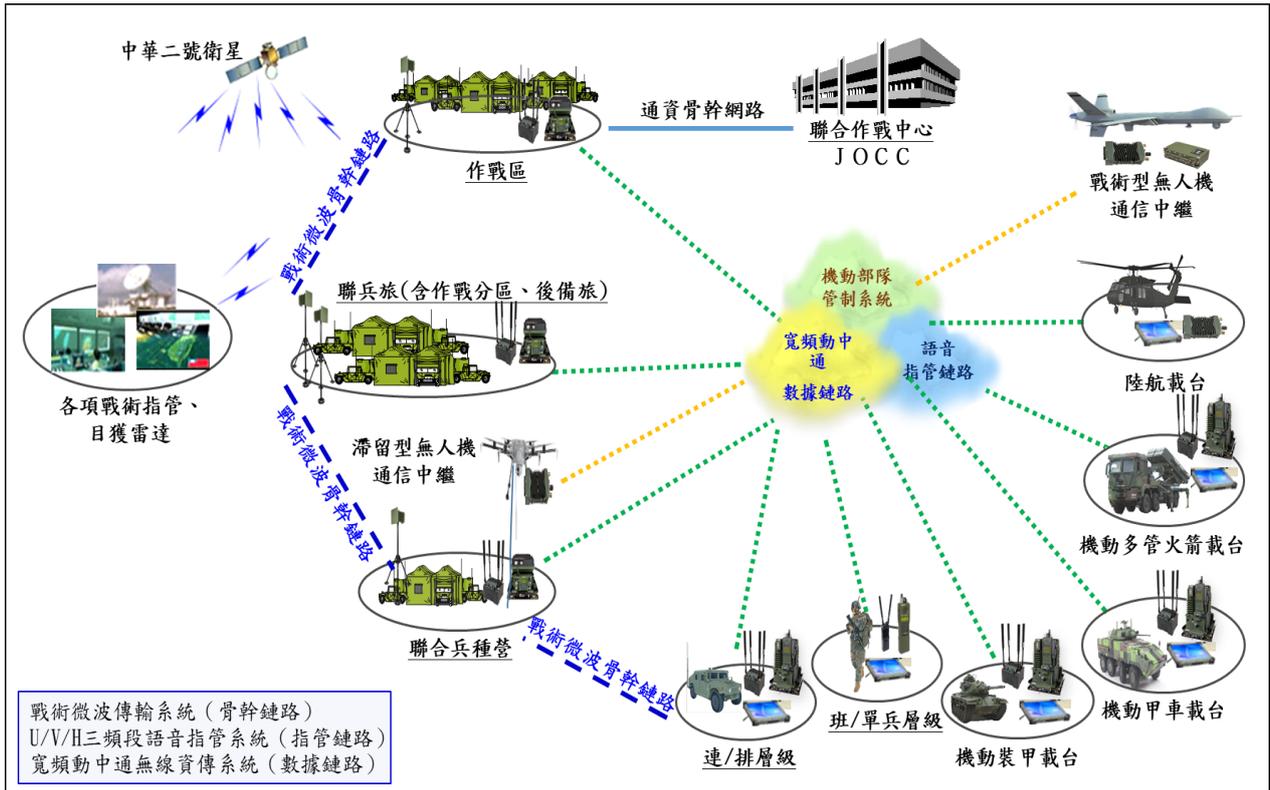
表4 通資系統規劃建置策略規劃表

項次	通裝類型	裝備特性需求
一	戰術微波通信傳輸系統 (野戰骨幹鏈路)	<ol style="list-style-type: none"> 1.運用機動載台建置長距離、高頻寬傳輸戰術無線電設備，建構各作戰區至聯兵營級之間骨幹鏈路，同時支援語音、數據及影像傳輸等功能，並可結合運用高頻(HF)頻段戰術無線電機，藉由該頻段調幅特性，利用電離層折射之傳輸達到長距離通信的目的，與網路交換機結合，延伸語音及資訊用戶功能，成為野戰骨幹鏈路備援手段。 2.具備抗干擾技術，系統自動偵測信號強度，能動態切換至最佳信號源，提供各層級指揮所、武器載具及單兵不中斷之數據資傳鏈路，而無須人為監控與操作。 3.具分頻多工存取(FDMA)及分時多工存取(TDMA)技術，於高速跳頻模式(如每秒 1000 跳速率)運作下，仍可支援長距離、高頻寬傳輸需求。 4.依地形特性及特定需求，微波無線電鏈路可採多種類型部署，包含長距離點對點 (PTP) 及同時支援多個節點通連的點對多點 (PMP)鏈路，以減少天線桅杆數量及架設需求。 5.設備需體積小、重量輕，可搭配車載或可攜式運用，採可拆式 (DOLS)設計，將設備安裝於車輛或攜行廂內使用，人員亦可將設備攜行至通信高地或大樓上，藉以克服地障、延伸通信距離，縮短系統開設時效，支援快速部署之目的。 6.依照傳輸距離、運用模式，規劃搭配不同類型天線使用，其中平板、扇形、全向性天線可實施點對點及點對多點部署；碟形天線用於點對點長距離傳輸。另考量野戰機動開設時效，可搭配天線自動校準或追蹤系統，不需傳統系統手動調整天線角度，耗時，尤其在部署全新地點時(如執行通信救災)，可縮短架設時間，降低人力負擔。

<p>二</p>	<p>HF/VHF/UHF 三頻段語音指管系統(語音鏈路)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.建置作戰區至連級(含以下)單位，採用 HF/VHF/UHF 三頻段軟體定義的戰術無線電機，單一部無線電能同時橫跨三頻段，以符合地面部隊兵種協同及地空指管通聯需求。 2.採「標準化、模組化結構」及「軟體套件」設計概念，同「家族」系列互搭性或擴充附加新功能。 3.型式區分基地型(車載式)、手持(背負)式及無人飛行載具(UAV)中繼型等 4 種構型，運用上以語音通聯為主、數據資傳為輔。在手持(背負)式構型，可依需求加裝車載式(含功率放大器)快拆基座，提供戰場指揮官於機動或步行間彈性運用；另無人飛行載具(UAV)構型，可裝載於無人載具內部，提供語音中繼功能。
<p>三</p>	<p>寬頻動中通無線電資傳系統(數據鏈路)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.建置旅級至連級(含以下)單位，採用機動寬頻戰術網路無線電機，主要提供高傳輸率、大頻寬、視距(LOS)及非視距(NLOS)即時影像、數據、情資等資傳運用，對於城鎮地形、多路徑複雜環境中具優越的通信能力。 2.具備機動隨意網路(MANET)功能，支援自動鏈結、自動繞徑、多重路徑備援等動中通能力，增加無線網路運用靈活度，以及高抗干擾能力，當偵測干擾訊號時，能自動採適應性跳頻方式，自動切換至最佳頻段，建立良好的傳輸品質，而無須人員介入調整設定參數，例如如通信距離、傳輸率等項目。 3.型式包含基地型(車載式)、手持(背負)式及空用型等構型，以數據、影像傳輸為主、語音為輔。內建中文化網管功能，可透過同頻網路中任一無線電，以網頁瀏覽器開啟圖形化介面，配置即時監控系統，管理整個通資網路，並結合數位圖資功能，能顯示單兵、武器載具及通信節點即時座標與位置。 4.通信中繼型結合無人飛行載具運用，考量本島特殊城鎮高山地形等環境，部分地區無線電易遭阻隔，或通信距離無法滿足需求，可藉由無人飛行載具(UAV)加裝 UHF/VHF 雙頻段語音暨寬頻動中通系統，作為空中通信中繼節點，消彌通信死角與地球曲度限制，擴大指管及偵蒐幅度，將戰場即時影像回傳，提供戰場指揮官靈活指揮運用。

資料來源:作者自行整理

圖8 通資系統建置策略架構示意圖



資料來源:作者自行整理

(三)爭取釋出可用頻率資源

國家通訊傳播委員會(NCC)主要掌管國家通訊發展的頻率資料，鑑於國獲得可用的頻寬資源範疇，均屬為不連續性，且大部分資源均屬民間電業業者使用，對於國軍 C⁴ISR 通信指管及聯合戰術無電整合運用彈性受限，並與異質性系統整合，即經常發生頻率干擾、多跳頻組數不足等窘境，因應新興兵力的建置，高速傳輸的頻寬資源日益重要，建議國防部於未來 4G 及 5G 頻譜調整分配上，以國防建構通。

(四)強化國防工業合作關係

國防武器獲的管道，主要有為軍售(以美方為首)、委製(國家中科院自主研發)及商購(具國內工業研發能力供應商為主)等三種模式，各類型武器載台指揮管制，以通信指管為首重核心，因此建議可以比同時採用美軍的武獲方式併行，說明如下列：

1. 調整由國軍制定無電機「通用標準」，能「隨插即用」獲得最新技術，並避免日後通信裝備升級時，須面臨原基礎結構大改造才能整合。
2. 提供國內工業供應商研製，並授權中科院整合內嵌保密器、跳頻控制介面及韌體設計原始碼，並提供國安單位檢測，確保資訊確實通過保密器，並驗證介接保密器裝置是否暗藏有後門程式，確保整套通信機的安全性。
3. 納入驗證是否能滿足區域性小部隊作戰需求，並經第三方公正單位判定是否通過測評，並由各階層相關代表決選性能最佳者，方能進行全軍籌補換裝計畫。
4. 無線電機韌體設計原始碼及跳頻控制介面相關文件屬智慧財產權(工業產權及版

權)，一旦工業供應商獲得量產計畫生產合約，建議將本項簽署為軍方與工業供應商共同擁有，避免未經許可轉售他國等問題，以保障國家通信安全。

5. 國內工業合作能量釋出，如天線、電池等相關零附件，國軍保修單位承修、採購、維保等後續維保能量建立，達成互利成效。

結論與建議

依國防報告書顯示，隨著中共武力提升，朝不對稱作戰思維，整體防衛作戰構想，以戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵為主軸，強化三軍聯合作戰概念。因此未來發展陸軍作戰區以下各級部隊及友軍地面部隊指揮與管制的機制，將以「C⁴ISR指管系統」為大腦，籌建「聯合戰術無線電機系統」為神經元鏈結，整合三軍各部隊感測器、指管中心及武器載臺為一體，共享戰場情資，形成共同作戰圖像，以提升戰場透明度，縮短反應時間，加速作戰節奏，有效發揮聯戰作戰效能，期能達到殲敵致勝之目標，建議如下：

一、落實頻譜管理

鑑於通資電裝備特性，作戰時敵、友軍之通資電裝備，均可能形成本軍運用上限制因素，以及現今聯合作戰戰術鏈路發展均已屬跨多頻段為趨勢，因此電磁頻譜管理為電磁波運用中極為重要的一環，須妥善規劃分配及專責機構負責管理，並精進自動化頻譜管理系統，使作戰區域內電磁情資較能掌握，於在戰場使用將不會相互干擾。

二、精進情研分析

地面部隊岸巡、中、長程雷達、無人飛行載具、陸航、砲兵前觀、偵查排等、將近、中、遠程目獲情資，透過多重情資分研系統，並與海、空情、監、偵整合，龐大的目獲情資全湧進作戰區指管系統的平台，並經過研析後篩選，判斷各類型單兵、空中、地面、船艦載具情資要求，再暢通分享於各階層戰術指管系統共同作戰圖像上運用。

三、強化地空整合

受限衛星通信資源不足，航空器(陸航直升機及空軍戰鬥機)於戰術運用更顯重要，例如T-5高教機新增ZAH-1400A型數據鏈路(DataLink)通信機為國防自主研製，該裝備與F-16V型戰機上隨建即連網通信機能力概等，惟後續通信裝備若須裝載於美方航空器上，則必須通過該方「適航認證(FIA)」，反之如能須獲美方輸出許可，釋出為美軍跳頻波型(台灣版)，有利整合於國防自製的雙模組跳頻聯合戰術無線電機系統，將是聯合作戰效益的一大突破。

四、多元專長轉型

「多領域作戰」戰場的通資系統整合，各型單兵、空中、地面、船艦載具及固定中站台上的複合式通資裝備，均具備移動隨意通網，且中繼節點鏈路管理規劃、資訊設備監控等項目，均廣泛運用路由、IP位址與虛擬網路(VPLS)的概念，可預判傳統類比訊號設備將面臨汰換，因此作戰(維管)人員須強化資訊基礎課程，方能提升作戰效益。

五、鞏固資安防護

戰術數據鏈路資訊化的整合，不論以有線實體電路或無線網絡，除戰術無線電裝備的保密器(含複雜的密式邏輯)、抗干擾、跳頻能力外，資訊節點中心及指管系統的終端設備防毒軟體及資安監控等，防護強度將攸關戰場情資與指管命令能否精準傳遞之關鍵。

參考文獻

- 一、中華民國國防報告書編纂委員會，〈中華民國 108 年國防報告書〉，(台北)，2019，國防部，民國 108 年 9 月發行，第 40-44 頁。
- 二、鄭南宏、焦興也，〈淺談國防通信系統未來發展趨勢-以軟體定義無線電機為例〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第 130 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 107 年 9 月發行。
- 三、每日頭條新聞，〈美國軍方無線電機發展歷史〉《每日頭條新聞電子報》，<https://kknews.cc/military/vzyxk6a.html>，2018 年 9 月 20 日(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。
- 四、陳文士，〈軟體無線電通訊技術發展與運用簡報〉《2018 年新一代通信技術未來發展與運用》，龍潭：國家中山科學研究院，民國 2018 年 12 月 12 日
- 五、維基百科全書〈聯合戰術無線電機系統 JTRS 介紹〉，《聯合戰術無線電機系統》，<https://zh.wikipedia.org/wiki>，2016 年 3 月(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。
- 六、王清安、黃基楨，〈以美軍地空作戰通資系統探討本軍地空作戰通資系統之發展〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第 128 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 106 年 9 月發行，第 65-67 頁。
- 七、王廣義，〈通資系統天線未來發展研究-以美軍戰術型戰士資訊網路為例〉，《陸軍通資半年刊》(桃園)，第 131 期，陸軍通信電子資訊訓練中心，民國 108 年 7 月發行，第 113-114 頁。
- 八、郭正原，〈美陸軍將測評 4 款多波道網路無線電〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/insidePage>，2020 年 12 月 20 日(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。
- 九、今天頭條，〈美軍採用新型軍用戰術智慧型手機，將改變軍隊作戰形態〉，《今日頭條電子報》，<https://twgreatdaily.com/htwdgHQBURTf-Dn5IYUK.html>，2020 年 9 月 12 日(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。
- 十、謝志淵，〈從美軍多領域作戰之「以陸制海」探討國軍制海作戰新思維〉《海軍學術雙月刊第五十三卷第一期》(台北)，第五十三卷第一期，海軍司令部，民國 108 年 2 月發行，第 9-12 頁。
- 十一、胡凱智，〈無線隨意網路彈性高效 Ad Hoc 獨特路由運作談討〉，《網管人》，<https://www.netamin.com.tw/netadmin/zh-tw/technology>，2018 年 5 月 8 日(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。
- 十二、L3 HARRIS, “FALCON IV AN/PRC-158、AN/PRC-162”, JTRS, HARRIS, 2019

十三、THLES, “AN/PRC-148” ,JTRS, THLES,2020

十四、Collins Aerospace, “ AN/PRC-163” ,JTRS, Collins Aerospace ,

十五、General Dynamics, Warfighter Information Network-Tactical Commander’s Handbook, Version 2.0, GDMS July 2016, P.31

十六、朱明，〈 T-5 勇鷹高教機首採媲美 F-16V 台製數據鏈路通信機〉，《青年日報》，
<https://www.ydn.com.tw/news/insidePage>，2020 年 6 月 21 日(檢索日期 2020 年 12 月 25 日)。

作者簡介

李書全少校：陸軍軍官學校95年班、陸軍通資電正規班183期、元智大學資訊管理學系研究所碩士。經歷：排長、連長、系統分析官、教官。